

根圈溫度와 養液中の $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比率이 養液栽培 고추의 生育·收量에 미치는 影響

鄭 顯 福

農漁村振興公社 施設營農處 전남 광양시 금호동 812

Effect of Root-zone Temperature and Ratios of $\text{NO}_3\text{-N}$ to $\text{NH}_4\text{-N}$ in the Nutrient Solution on the Growth and Yield of Hydroponically Grown Pepper Plant

Jung, Hyun-Bok

Protected Farming Facilities, Rural Development Corporation,
Kwangyang, 544-090, Korea

Abstract

This experiment was undertaken in order to clarify effect of $\text{NO}_3\text{-N} / \text{NH}_4\text{-N}$ ratios ($\text{NO}_3/\text{NH}_4 = 10:0, 8:2$) in the nutrient solution on growth, yield, photosynthetic rate, relative concentration of chlorophyll and root activity of hydroponically grown pepper plants at three different root-zone temperatures of 18°C, 22°C and 26°C. Plant height, leaf number, stem diameter, fresh and dry weight of leaf and root were no effect in by three root-zone temperatures. However, leaf number, stem diameter, fresh and dry weight of leaf and stem, dry weight of root at 18°C, 22°C and 26°C increased when $\text{NH}_4\text{-N}$ was added to the solution. Under root-zone temperatures of 18°C, 26°C condition, fruit length were longer by the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$. Fruit number and yield increased by the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$ at three root-zone temperatures.

Photosynthetic rate decreased as root-zone temperature increased. Under root-zone temperatures of 18°C, 22°C and 26°C condition, photosynthetic rate increased significantly by the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$. Chlorophyll content of plants increased at 22°C. Under root-zone temperatures of 18°C, 22°C and 26°C condition, chlorophyll content of plants increased by the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$. Root activity of increased at 26°C. Under root-zone temperatures of 18°C, 22°C and 26°C condition, root activity increased by the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$.

키 워 드 : 근권온도, 양액, 고추, 광합성속도, 상대 엽록소함량, 근의 활성

Key words : root-zone temperature, nutrient solution, pepper, photosynthetic rate, relative concentration of chlorophyll, root activity

緒 論

고추를 NFT에서 재배하여 몇가지 光條件에서 養液중의 최적 窒素形態 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)

N)를 검토하였던 바, 양액에 添加하는 암모니아態 窒素의 영향은 光條件에 의해 다르게 나타나는 것으로 밝혀 졌다¹⁴⁾. 한편, 고추 양액 재배 기간중에 몇가지 晝間溫度에서 양액 중의 질소 형태 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)의 比率에 대한 생육을 검토 하였던 바, 양액에 첨가하는 암모니아態 질소의 영향은 주간온도에 의해 다르게 나타나는 것으로 밝혀 졌다¹³⁾.

한편, 양액중의 질소형태 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)와 根圈溫度와의 관계는 몇가지 채소작물에서 연구되었으나,^{1, 2, 5, 6, 8, 15, 16)} 고추에서는 아직 보고되어 있지 않다.

따라서, 본 실험에서는 근권온도와 양액중의 질소형태 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)와의 관계를 검토하기 위하여 고추의 실제 재배관리온도 범위의 서로 다른 근권온도에서 재배하여 양액중의 질소 형태 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)의 비율이 고추의 生育, 收量, 光合成速度, 葉綠素 含有率, 根의 活性에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

材料 및 方法

供試品種은 '녹광'(홍농종묘)으로서, 1992년 11월 16일에 日本 千葉大學 園藝學部の 加溫育苗溫室내의 燻炭培地에 播種하였다. 本葉이 2枚 展開한 12월 14일에 urethane 培地에 移植하여 日本園試處方⁷⁾ 1/4濃度の 양액을 넣은 水耕容器에서 育苗하였다. 本葉이 8枚 展開한 12월 30일에 8ℓ의 水耕容器에 1株씩 定植하여, 處理는 定植直後부터 실시하였다.

根圈溫度는 18℃, 22℃, 26℃의 3水準, 양액중의 窒素形態 ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)의 比率은 Table 1에 나타낸 것과 같이 日本園試處方の 標準양액을 기준으로 하면서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 比率이 10:0, 8:2가 되도록 2水準을 造成하여 根圈溫度와 窒素形態의 2要因을 組合하여 總 6區를 시험구로 하였다.

Table 1. Composition of nutrient solution used in this experiment.

$\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ ratio	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	PO_4	K	Ca	Mg	$\text{SO}_4\text{-S}$	Na	EC
									($\text{me} \cdot \text{liter}^{-1}$)
10:0	16	0	4	8	8	4	4	1.3	2.30
8:2	12.8	3.2	4	8	8	4	9.1	0	2.36

근권온도의 조절은 Fig.1에 나타낸 것과같이 유리온실내에 3個의 大型水槽를 제작하고, 水槽내의 水溫을 18℃, 22℃, 26℃의 설정液溫으로 조절하여 하나의 水槽當 10個의 水耕容器를 넣어 容器內 液溫을 조절하였다. 이때 온도의 편차는 $\pm 1^\circ\text{C}$ 였다. 水槽內의 水溫 조절은 水耕容器內에 온도센서의 感知部分을 넣고, 자동온도조절기를 이용하여 설정液溫이 되도록 하였다. Chiller(냉각장치)를 이용하여 冷却水가 水槽내를 순환하는 온도하강방법과 水槽의 底面에는 전열선을 배선하여 물을 加溫하는 온도상승방법을 併用하여 시험구의 설정 목표 온도가 항상 유지되도록 하였다. 이

때 온실내의 온도는 日中最高氣溫이 생육기간 중에 22℃~ 35℃, 日中最低氣溫은 17.8℃ ~ 20.3℃ 범위였다.

설정온도로 조절된 水槽안의 水耕容器에 고추를 정식한 후 양액의 농도는 電氣傳導度 (EC) 2.2 mS/cm로 관리하였고, 양액은 1週 간격으로 更新하였다.

栽培는 4월 17일까지 慣行의 방법¹³⁾에 準하여 관리하였고, 처리後 77일째인 4월 17일에 생육조사를 하였으며, 수량은 각 시험구로부터 4個體를 選定하여 개화後 30일째의 과실을 수확하여 4월 17일까지 조사하였다.

光合成速度는 처리後 34일째인 3월 5일에

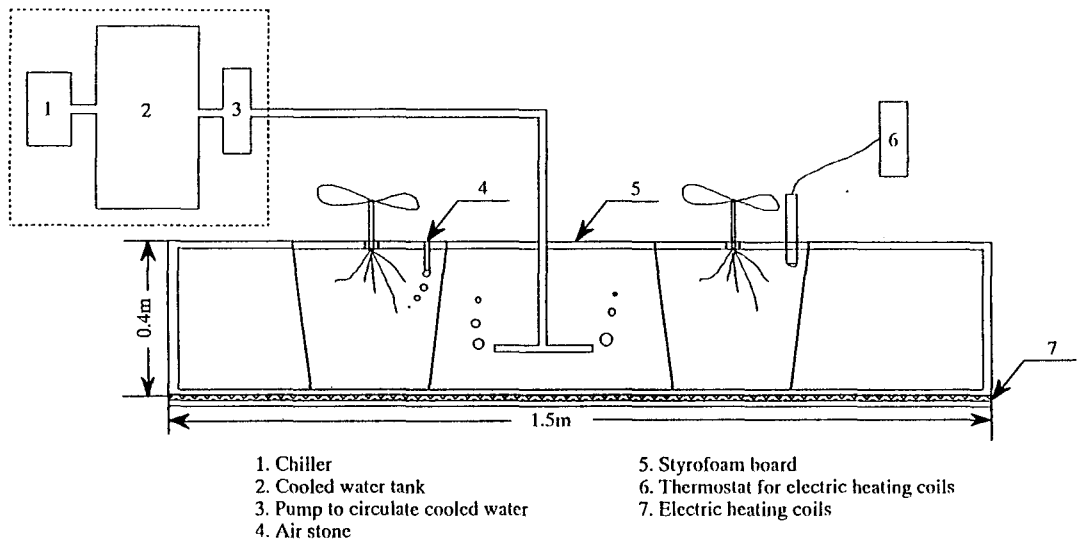


Fig. 1. Schematic diagram of hydroponic system with nutrient solution cooling using chiller.

携帶用 光合成測定裝置(LI-6200)로 植物體 上部의 완전히 展開한 잎을 대상으로 측정하였다. 葉綠素 相對的含有率은 처리후 25일째인 2월 24일에 簡易葉綠素計 (Minolta, SPAD-502)를 이용하여 上部의 완전히 展開한 잎을 측정하였다.

根의 活性은 栽培終了時인 4월 17일에 뿌리의 esculin酸化速度¹⁷⁾를 측정하여 評價하였다.

結果 및 考察

1. 生育, 收量

草長은 18℃의 10:0 區에서 길어지는 傾向이 있으며, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 草長은 길어졌다. 葉數, 莖徑은 근권온도에 의한 差는 보이지 않았으나, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 葉數, 莖徑이 증가하였다. 葉의 生體重은 근권온도에 의한 影響은 보이지 않

았으나, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 증가하였다. 莖의 生體重은 근권온도가 높아질수록 증가하였으며, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 有意的으로 증가하였다. 根의 生體重은 處理間에 差가 인정되지 않았다. 葉의 乾物重은 근권온도에 의한 影響은 보이지 않았으나, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 증가하였다. 莖의 乾物重은 근권온도가 높아질수록 증가하였으며, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 有意的으로 증가하였다. 根의 乾物重은 근권온도에 의한 影響은 보이지 않았으나, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서 증가하였다 (Table 2).

재배기간중의 근권온도가 高추의 地上部 生育에 미치는 影響에 대하여는 몇가지가 보고되어 있다. 즉, 高추의 最適근권온도는 20℃ ~ 23℃^{8,10)}로 보고되어 있다. 본 실험의 18℃, 22℃, 26℃의 근권온도는 高추재배에 있어서 실제재배가 가능한 온도범위에 있기 때문에

Table 2. Effect of root zone temperatures(RZT) and NO₃/NH₄ ratio in the nutrient solution on growth of pepper plant.

Treatment		Plant height (cm)	No. of leaves	Stem' diam. (mm)	Fresh weight' (g/plant)			Dry weight (g/plant)		
RZT (°C)	NO ₃ /NH ₄ ratio				Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
18	10:0	152.0	558.5	9.1	178.0	139.1	112.7	31.9	33.7	21.5
18	8:2	123.4	661.0	10.0	186.2	149.4	115.2	33.5	35.6	21.8
22	10:0	135.9	589.5	9.2	174.6	139.8	111.2	33.5	32.2	20.7
22	8:2	128.2	661.3	10.2	191.0	153.4	112.5	38.0	34.4	22.2
26	10:0	137.8	564.5	9.5	158.3	172.5	114.1	30.6	36.7	21.1
26	8:2	143.1	695.7	10.7	220.7	228.2	120.1	40.3	41.8	22.4
RZT(T)		NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	***	NS
Nitrogen(N)		**	***	***	**	***	NS	***	**	**
T×N		***	NS	NS	NS	**	NS	*	NS	NS

^z Measured at 1cm below the cotyledon.

^{vs.} * ** *** : Non-significant and significant at P=0.1, 0.05, 0.01, respectively.

^y 77days after treatment.

Table 3. Effect of root zone temperatures(RZT) and NO₃/NH₄ ratio in the nutrient solution on yield of pepper plant.

Treatment		Fruit length (cm)	No. of fruits per plant				Fruit yield (g/plant)			
RZT (°C)	NO ₃ /NH ₄ ratio		E	M	L	Total	E	M	L	Total'
18	10:0	10.5	9.7	13.3	55.0	78.0	120.3	157.6	400.1	678.0
18	8:2	10.8	4.5	13.7	78.0	96.1	56.8	139.1	594.6	790.5
22	10:0	10.3	5.5	15.5	65.5	86.5	70.7	154.9	473.2	698.8
22	8:2	10.3	5.7	14.5	72.5	92.7	63.8	122.8	524.1	710.7
26	10:2	10.7	4.0	5.3	70.0	79.3	54.2	50.9	479.1	584.2
26	8:2	10.9	3.3	12.3	88.0	103.7	41.8	120.3	687.3	849.4
RZT(T)		***				***				***
Nitrogen(N)		*				***				***
T×N		NS				***				***

^E;17 February~9 March, ^M;10 March~26 March, ^L;27 March~17April

^{vs.} * ** *** : Non-significant and significant at P=0.1, 0.05, 0.01, respectively.

草長, 葉數, 莖徑과 葉, 根의 生體重 및 乾物重에 있어서 근권온도에 의한 영향은 매우 작게 나타났다고 思料된다. 그러나, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 시험구의 근권온도에서

葉數, 莖徑과 葉, 莖의 生體重 및 葉, 莖, 根의 乾物重은 증가하였는데, 이것은 池田・大澤¹¹⁾와 Imsande¹²⁾의 報告와 一致하고 있다. 한편, 근권온도가 낮을 때에는 NH₄-N의

吸收가 促進됨에 따라 生育도 促進된다^{2,3,4,5,15)} 고 報告되어 있지만, 본 실험에서는 모든 설정온도가 高추의 生育適溫 범위이므로 근권온도의 영향보다도 NH₄-N의 영향을 강하게 받았다고 思料된다.

高추의 果長은 26℃의 근권온도에서 약간 길어졌으며, NH₄-N의 添加에 의하여 18℃와 26℃의 근권온도에서 약간 길어지는 傾向이었다.

株當 果數 및 總收量은 NH₄-N의 添加에 의하여 모든 근권온도에서 증가하였다. 한편, 전체의 수확기간인 2개월간을 20일씩으로 前期, 中期, 後期로 나누어 集計해 보았을때 前期와 中期의 수량은 18℃와 22℃의 근권온도에서 果數, 收量은 증가하는 傾向이었으나, 後期부터는 26℃의 근권온도에서 증가하는 傾向이었다 (Table 3).

株當 果數 및 總收量이 NH₄-N의 添加에 의하여 모든 근권온도에서 증가한 것은 NH₄-N의 添加에 의하여 生育이 촉진됨에 기인한 것으로 思料된다. 한편, 기간별 수량에 있어서 前期와 中期에 18℃와 22℃의 근권온도에서 果數와 收量의 增加傾向을 나타낸 것은 低氣溫 조건인 前期에는 開花, 果實肥大 등의 生殖生長에로의 轉換이 빠르게 進行되기 때문인 것으로 생각된다. 반면에, 後期에 26℃의 근권온도에서 果數와 收량이 증가한 원인은 氣溫의 上昇으로 인하여 榮養生長이 後期까지 持續된 결과 開花 및 果實肥大가 순조롭게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

2. 光合成速度, 葉綠素 含有率

근권온도가 높아 질수록 光合成速度는 현저히 低下되었다. 또한, NH₄-N의 添加에 의하여 모든 근권온도에서 光合成速度는 有意적으로 높아졌다 (Table 4). 이것은 근권온도보다도 NH₄-N의 添加에 의한 生育촉진 효과가 크기 때문에 광합성속도도 커진 것으로 생각된다.

葉綠素 含有率은 22℃의 근권온도에서 높아졌으며, 또한, NH₄-N의 添加에 의하여 모든

근권온도에서 높아졌다 (Table 5). 葉綠素 含有率이 NH₄-N의 添加에 의하여 모든 근권온도에서 높아진것은 양액에 NH₄-N을 添加하면 NO₃-N를 단독으로 供給한 경우보다 養水分의 흡수는 물론 代謝活性이 높아진 데에 起因한 것으로 생각된다.

Table 4. Effect of root zone temperatures (RZT) and NO₃/NH₄ ratio in the nutrient solution on photosynthetic rate of pepper plant.

Treatment		Photosynthetic rate ^a (mgCO ₂ · dm ⁻² · hr ⁻¹)
RZT (°C)	NO ₃ /NH ₄ ratio	
18	10:0	19.7
18	8:2	22.5
22	10:0	18.1
22	8:2	20.9
26	10:0	17.8
26	8:2	18.5
RZT(T)		**
Nitrogen(N)		**
T×N		NS

^a Measured on 5 March 1993.

PPAD; 802 μmol · m⁻² · sec⁻¹

NS, **, ***: Non-significant and significant at P = 0.1, 0.05, 0.01, respectively.

3. 根의 活性

根의 呼吸活性은 18℃, 22℃의 근권온도에서는 差가 인정되지 않았으나, 26℃의 근권온도와 NH₄-N을 添加한 모든 근권온도에서 현저히 높아졌다 (Table 6). 高溫의 근권온도에서 根의 呼吸活性이 높아지는 것에 대해서는 Higgins · Spomer⁶⁾와 Huck⁹⁾등의 보고가 있는데, 본 실험에서 26℃의 근권온도에서 根의 呼吸活性이 높아진 것과 일치한다. 또한, NH₄-N를 添加한 모든 근권온도에서 根의 呼吸

Table 5. Effect of root zone temperatures (RZT) and NO_3/NH_4 ratio in the nutrient solution on relative concentration of chlorophyll of pepper plant.

Treatment		Relative concentration of chlorophyll ^a
RZT (°C)	NO_3/NH_4 ratio	
18	10:0	48.2
18	8:2	50.3
22	10:0	55.6
22	8:2	58.5
26	10:0	54.1
26	8:2	57.7
RZT(T)		***
Nitrogen(N)		***
T×N		NS

^a The value measured on 24 February 1993 by chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta).

^{ns,*,**,*}: Non-significant and significant at P = 0.1, 0.05, 0.01, respectively.

Table 6. Effect of root zone temperatures (RZT) and NO_3/NH_4 ratio in the nutrient solution on root activity of pepper plant.

Treatment		Esculin oxidized ^a ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$)
RZT (°C)	NO_3/NH_4 ratio	
18	10:0	30.1
18	8:2	33.1
22	10:0	26.7
22	8:2	37.1
26	10:0	44.7
26	8:2	50.2
RZT(T)		***
Nitrogen(N)		***
T×N		***

^a Measured on 17 April 1993.

^{ns,*,**,*}: Non-significant and significant at P = 0.1, 0.05, 0.01, respectively.

활성이 높아진 것은 광합성속도의 증가와 관련이 있는 것으로 생각된다.

이상의 결과로부터 고추의 양액재배에 있어서 본 실험에 供試한 '녹망' 품종에서는 양액 중의 窒素形態로서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 單用보다는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 光合成速度, 葉綠素 含有率 및 根의 活性이 증가하였다. 이들의 增加는 生育促進과 收量增加에 크게 영향을 주었다고 思料된다.

摘 要

고추의 양액재배에서 根圈溫度와 양액중 窒素形態의 관계를 알아보기 위하여 3水準 (18°C, 22°C, 26°C)의 根圈溫度에서 양액중 窒素形態의 비율을 달리하여 ($\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N} = 10:0, 8:2$), 고추의 生育, 收量, 光合成速度, 葉綠素 含有率 및 根의 活性에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

草長, 葉數, 莖徑과 葉, 根의 生體重 및 乾物重은 근권온도에 의한 영향은 없었으나, $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 草長, 葉數, 莖徑과 葉, 根의 生體重 및 乾物重은 증가하였다. 고추의 果長은 18°C와 26°C의 근권온도에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 약간 길어지는 傾向이었고, 株當 果數 및 收量은 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 모든 근권 온도에서 증가하였다.

光合成速度는 근권온도가 높아 질수록 低下 되었으나, $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 有意적으로 높아졌다. 葉綠素 相對的含有率은 22°C의 근권온도에서 높아졌으며, $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 높아졌다. 根의 活性은 26°C의 근권온도에서 높아졌고, $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 添加에 의하여 18°C, 22°C, 26°C의 모든 근권온도에서 높아졌다.

引用文獻

1. Clarkson, D. T. and A. J. Warner. 1979. Relationships between root temperature and the transport of ammonium and nitrate ions by Italian and perennial ryegrass *Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*. *Plant Physiol.* 64 : 557-561.
2. Clarkson, D. T., M. J. Hopper and L. H. P. Janes. 1986. The effect of root temperature on the uptake of nitrogen and the relative size of the root system in *Lolium perenne*. 1. Solution containing both NH_4^+ and NO_3^- . *Plant, Cell and Environment.* 9 : 535-545.
3. Frota, J. N. E. and T. C. Tucker. 1972. Temperature influence on ammonium and nitrate absorption by lettuce. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36 : 97-100.
4. Garmore-Neuman, R. and U. Kafkafi. 1980a. Root temperature and percentage NO_3/NH_4 effect on tomato plants development : I. Morphology and growth. *Agron. J.* 72 : 758-761.
5. Garmore-Neuman, R. and U. Kafkafi. 1980b. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on tomato plants development : II. Nutrients composition of tomato plant. *Agron. J.* 72 : 762-766.
6. Higgins, P. D. and G. G. Spomer. 1976. Soil temperature effects on root respiration and the ecology of alpine and subalpine plants. *Bot. Gaz.* 137 : 110-120.
7. 堀 裕. 1966. 蔬菜・花卉のれき耕栽培. 養賢堂.
8. 堀 裕, 新正和夫, 土岐知久. 1969. 培地温と気温の組合わせがそ菜の生育ならびに養分 吸収に及ぼす影響. II. ニンジン, セルリー, ピーマン, つぎ木キュウリと培木用カボチャに関する研究. 日野試報告.A第9號 : 189-219.
9. Huck, M. G., R. H. Hageman and J. B. Hanson. 1962. Diurnal variation in root respiration. *Plant Physiol.* 33 : 371-375.
10. 藤重宣昭, 杉山直儀. 1968. 果菜類の生長に及ぼす地温の影響. 日園學雜. 37 : 37-42.
11. 池田英男, 大澤孝也. 1983. 水耕培養液中の NO_3 と NH_4 の濃度ならびに比率がそ菜の生育, 葉中N成分及び培養液のpHに及ぼす影響. 日園學雜. 52 : 159-166.
12. Imsande, J. 1986. Nitrate-ammonium ratio required for pH homeostasis in hydroponically grown soybean. *J. Exp. Bot.* 37 : 341-347.
13. 鄭顯福, 伊東 正, 1994. 晝温と培養液へのアンモニア態窒素添加が水耕栽培トウガラシの生育・收量に及ぼす影響. 日生物環境調節. 32(1) : 41-46.
14. 鄭顯福, 伊東 正, 丸尾 達. 1994. 遮光と培養液の NO_3/NH_4 比がNFT栽培トウガラシの生育・收量に及ぼす影響. 日園學雜. 63(2) : 371-377.
15. Ruth, G. N., and U. Kafkafi. 1983. The effect of root temperature and $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ ratio on strawberry plant. I. Growth, flowering, and root development. *Agron. J.* 75 : 971-946.
16. Ruth, G. N., and U. Kafkafi. 1983. The effect of root temperature and $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ ratio on strawberry plant. II. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentration, *Agron. J.* 77 : 835-840.
17. 吉田武彦. 1966. 根の活力測定法. 日本土壤肥料學雜誌. 37 : 63-68.